

从技工到技师

考证一本通

数控  
车工

全技师

高级技师

技师

高级工

中级工

培训教程

SHUKONG CHEGONG  
QUANJI SHI  
PEIXU JIAOCHENG

韩鸿鸾 邹玉杰 主编

- 面向数控车工中、高、技师、高级技师国家职业技能鉴定全过程培训
- 覆盖中级工、高级工、技师、高级技师全部鉴定考点
- 学完本书，可能你不是高级技师，但你已具备了高级技师的视野和感觉



化学工业出版社

从技工到技师  
考证一本通



# 培训教程

SHUKONG CHEGONG  
QUANJIISHI  
PEIXUN JIAOCHENG

韩鸿鸾 邹玉杰 主编

- 面向数控车工中、高、技师、高级技师国家职业技能鉴定全过程培训
- 覆盖中级工、高级工、技师、高级技师全部鉴定考点
- 学完本书，可能你不是高级技师，但你已具备了高级技师的视野和感觉



化学工业出版社

· 北京 ·

### 图书在版编目 (CIP) 数据

数控车工全技师培训教程/韩鸿鸾, 邹玉杰主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6  
(从技工到技师考证一本通)  
ISBN 978-7-122-05147-9

I. 数… II. ①韩…②邹… III. 数控机床: 车床-车削-技术培训-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 043302 号

---

责任编辑: 王 焯  
责任校对: 周梦华

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司  
装 订: 三河市万龙印装有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 28½ 字数 784 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

## 前 言

本书是根据劳动部门最新制定的国家职业标准中《数控车工》的要求编写的。

职业资格证书等级考试的书籍很多，但大都是按中、高、技师（高级技师）几个等级分册编写的。这种编写方式适合不同等级的学习考试，但不适合全过程的培训，随着技术学院、高级技校、技师学院及各种培训机构的增加，中级工、高级工、技师、高级技师全过程的培训也在快速增加，社会上迫切需要适合这种形式的书籍。我们这套书就是在这种形势下产生的。

何谓“全技师”？

全技师是指本书的知识体系涵盖数控车工中级工、高级工、技师、高级技师各等级的全部知识点。一书在手，可以完成从中级工到高级技师的蜕变。

本书既是数控职业培训教材编写方式的创新，更是数控职业教育模式的拓展和延伸。除此之外，本书还有以下几方面特色。

1. 体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需、够用”为限度，突出“零起点快速上岗”的特点，紧密联系生活、生产实际，与相应的职业资格标准相互衔接。

2. 注意用新观点、新思想来审视、阐述经典内容；适应经济社会发展和科技进步的需要，及时更新教学内容，反映新知识、新技术、新工艺、新方法。引用数据、图表、材料可靠。精选了大量的实例。

3. 渗透职业道德和职业意识教育；体现就业导向，有助于学生树立正确的择业观；培养学生爱岗敬业、团队精神和创业精神；树立安全意识和环保意识。知识体系设计合理，循序渐进，符合学生心理特征和认知、技能养成规律；文字规范、简练，符合语法规则；语句通顺流畅，条理清楚，可读性强；标点符号、计量单位使用规范正确；图文并茂，配合得当；图表清晰、美观，图形绘制和标注规范，缩比恰当。

本书不仅可以作为工人培训、数控机床操作与维修人员用书，更适合于高等职业院校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技校、继续教育学院和民办高校的数控与机电专业用书。

作为数控车工考评教材，在实际应用时，当地可以根据实际情况全用或选用本书的部分内容。

本书由韩鸿鸾、邹玉杰主编，徐朝明、李鲁平、宋永健、林荣俊副主编，参加编写的还有马九营、丛培兰、倪建光、陶建海、宋吉红、曲善珍、马红荣、王吉明、李秀英、祝强、孙明旗、原宗飞、宋修祥、韩中华等。全书由韩鸿鸾统稿，张玉东主审。

本书在编写过程中得到了烟台、东营、常州、广州、营口、郴州、九江、内蒙古、天津、武汉等省市的职业院校、技师学院、高级技工学校的大力帮助，得到了威海精密机床附件厂、威海联桥仲精机械有限公司、华东数控有限公司的大力支持，在此深表谢意。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处在所难免，请广大读者给予批评指正。

## 目 录

<b>第一篇 数控车床的应用基础</b> .....	1
<b>第一章 数控机床的基础知识</b> .....	1
<b>第一节 认识数控机床</b> .....	1
一、基本概念 .....	1
二、数控加工与传统加工的比较 .....	1
三、数控机床的产生 .....	2
四、数控机床的特点 .....	2
五、数控机床的分类 .....	2
六、数控机床的发展 .....	5
<b>第二节 数控机床的组成与工作原理</b> .....	5
一、数控机床的组成 .....	5
二、数控机床的工作原理 .....	8
三、数控机床的插补原理 .....	9
<b>第三节 先进制造系统简介</b> .....	10
一、计算机直接数控系统 (DNC) .....	10
二、柔性制造单元 FMC (Flexible Manufacturing Cell) .....	10
三、柔性制造系统 FMS (Flexible Manufacturing System) .....	11
四、计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) .....	11
五、数控机床的网络技术 .....	12
<b>第二章 数控车床的应用</b> .....	14
<b>第一节 数控车床</b> .....	14
一、数控车床的加工对象 .....	14
二、数控车床的分类 .....	14
三、数控车床坐标系 .....	15
四、数控机床上相关位置点 .....	17
五、数控机床的组成 .....	17
<b>第二节 数控加工的质量管理</b> .....	18
一、数控生产的组织与管理 .....	18
二、文明生产 .....	21
三、质量管理与控制 .....	22
四、9000 系列标准 .....	24
五、质量的波动性 .....	25
六、质量控制 .....	26
<b>第三节 数控机床的安装与检验</b> .....	27
一、数控车床的安装 .....	27
二、数控车床的调试 .....	30

三、数控车床几何精度 .....	32
四、数控车床定位精度 .....	32
五、数控车床切削精度 .....	33
六、返回基准点(参考点)检验与最小设定单位进给检验 .....	33
七、激光干涉仪简介 .....	33
八、球杆仪简介 .....	35
第四节 数控车床的维护保养 .....	37
一、机械部件的维护 .....	37
二、直流伺服电动机的维护 .....	38
三、位置检测元件的维护 .....	38
四、数控系统日常维护 .....	38
五、数控车床的日常检查 .....	40
六、数控机床不同时间的维护与保养 .....	41
<b>第二篇 FANUC 系统数控车床与车削中心部分 .....</b>	<b>43</b>
第三章 数控机床与仿真 .....	43
第一节 数控车床的手动操作 .....	43
一、FANUC 系统数控车床系统操作界面介绍 .....	43
二、机床控制面板 .....	44
三、系统通电 .....	45
四、关机 .....	45
五、急停与超程 .....	45
六、数控车床手动操作 .....	46
七、回参考点程序编制 .....	48
第二节 程序编辑与参数设置 .....	51
一、程序编辑 .....	51
二、程序的输入与输出 .....	53
三、对刀 .....	54
四、参数控设置 .....	56
五、程序的复制 .....	57
六、PMC 的参数设置 .....	58
七、采用 G50 X $\alpha$ Z $\beta$ 指令建立工件坐标系对刀 .....	61
八、零点偏置 .....	62
九、刀具的位置功能 .....	64
第三节 数控车床的自动运行 .....	65
一、图形模拟 .....	65
二、单段方式 .....	66
三、机床的试运转 .....	66
四、自动运行 .....	67
五、程序的再启动 .....	69
第四章 轴类零件的加工 .....	72
第一节 轴类零件加工用夹具与刀具 .....	72
一、工件在数控车床上的定位 .....	72
二、工件在数控车床上的装夹 .....	73
三、车削用刀具 .....	79
四、车外圆所用刀具 .....	80
五、车端面和台阶 .....	82

六、刀具的磨损 .....	82
七、刀具的刃磨 .....	84
八、刀具涂层技术 .....	86
第二节 圆柱零件加工 .....	88
一、进给路线的确定 .....	88
二、切削用量的确定 .....	89
三、数控程序的编制 .....	91
四、程序组成 .....	93
五、程序段格式 .....	94
六、数控编程规则 .....	94
七、指令介绍 .....	95
八、工件坐标系原点 .....	99
九、工件的测量 .....	101
十、质量分析 .....	102
第三节 圆锥零件加工 .....	104
一、加工工艺 .....	104
二、程序编制 .....	104
三、刀尖圆弧半径补偿 .....	111
四、角度测量 .....	114
五、质量分析 .....	116
第四节 圆弧零件的加工 .....	117
一、加工工艺 .....	117
二、手工编程中的数学处理 .....	118
三、程序编制 .....	123
四、子程序编程 .....	125
五、常见球面的测量 .....	127
第五节 一般轴类零件的加工 .....	128
一、数控加工工艺文件 .....	128
二、刀具几何参数的选择 .....	130
三、进给路线的确定 .....	134
四、加工指令 .....	135
第五章 孔类零件与槽类零件的加工 .....	142
第一节 孔类零件的加工 .....	142
一、孔加工刀具 .....	142
二、切削液 .....	147
三、指令介绍 .....	149
四、内孔测量 .....	152
五、孔加工常见误差及修正 .....	153
第二节 槽的切削 .....	156
一、加工工艺分析 .....	156
二、刀具的选择 .....	157
三、指令介绍 .....	157
四、切槽时常见的质量问题 .....	161
第六章 螺纹加工 .....	163
第一节 普通三角形螺纹加工 .....	163
一、三角形螺纹加工工艺 .....	163
二、刀具选择 .....	164

三、螺纹车刀的刃磨 .....	166
四、螺纹车刀的装夹 .....	171
五、指令介绍 .....	172
六、螺纹测量 .....	177
七、螺纹加工质量分析 .....	178
第二节 梯形螺纹加工 .....	179
一、梯形螺纹的基本知识 .....	179
二、梯形螺纹加工用车刀 .....	180
三、梯形螺纹的加工 .....	183
四、指令介绍 .....	184
五、梯形螺纹的测量 .....	187
六、梯形螺纹的质量分析 .....	188
第七章 特殊特形面的加工 .....	189
第一节 抛物面的车削 .....	189
一、加工原理 .....	189
二、用户宏程序 .....	190
三、A类型的宏程序 .....	192
四、通用程序的编写 .....	194
第二节 其他非圆曲面的车削 .....	196
一、B类型的宏程序 .....	196
二、用户宏程序的调用 .....	198
三、非圆曲线组成零件的加工 .....	199
四、通用宏程序的编制 .....	202
第八章 复杂轴类零件的加工 .....	206
第一节 一般复杂轴类零件的加工 .....	206
一、加工余量的确定 .....	206
二、工序尺寸及其公差确定 .....	208
三、基准不重合时工序尺寸及其公差的计算 .....	209
四、加工方法的选择 .....	211
五、加工阶段的划分 .....	212
六、工序的划分 .....	212
七、加工顺序的安排 .....	213
八、粗糙度的测量 .....	215
九、影响表面粗糙度的因素及修正措施 .....	218
第二节 配合件的加工 .....	219
一、配合件加工实例 .....	219
二、线/面轮廓度误差的检测 .....	224
三、三坐标测量机(仪) .....	225
四、误差分析 .....	231
第九章 在车削中心上对复合件的加工 .....	235
第一节 轴向与周向孔的加工 .....	235
一、数控车削刀具系统的形式 .....	235
二、基本指令介绍 .....	235
三、车削中心上的钻孔固定循环 .....	238
第二节 复合件的车铣加工 .....	248
一、车削中心上常用的铣刀 .....	248
二、铣削加工刀具半径补偿 .....	250



三、极坐标插补 (G12.1、G13.1) .....	251
四、柱面坐标编程 [G07.1 (G107)] .....	254
五、同步驱动 .....	256
<b>第三篇 SIEMENS (802D) 系统数控车床与车削中心部分 .....</b>	<b>264</b>
<b>第十章 SIEMENS (802D) 数控车床与仿真 .....</b>	<b>264</b>
<b>第一节 数控车床的程序编辑 .....</b>	<b>264</b>
一、SIEMENS 802D 系统数控车床操作面板 .....	264
二、SIEMENS 802D 机床控制面板 .....	268
三、程序的编辑 .....	268
四、插入固定循环 .....	273
<b>第二节 对刀与参数的设定 .....</b>	<b>274</b>
一、对刀的方法 .....	274
二、工件坐标系的设定方法 .....	275
三、输入刀具参数及刀具补偿参数 .....	276
四、输入/修改零点偏置值 .....	278
五、编程设定数据 .....	279
六、R 参数设定 .....	281
七、PLC 参数的设置 .....	281
<b>第三节 数控车床的操作 .....</b>	<b>284</b>
一、开机 .....	284
二、回参考点 .....	285
三、“加工”操作区——JOG 运行方式 .....	285
四、手轮进给 .....	287
五、MDA 手动输入方式 .....	287
六、自动加工 .....	289
七、坐标系切换 .....	291
<b>第十一章 一般轴类零件的车削 .....</b>	<b>293</b>
<b>第一节 轮廓的加工 .....</b>	<b>293</b>
一、程序命名规则 .....	293
二、主轴运动指令 .....	293
三、刀具与刀具补偿 .....	293
四、进给功能 .....	297
五、工件坐标系 .....	298
六、尺寸指令 .....	298
七、坐标指令 .....	300
八、毛坯切削循环编程 .....	301
九、蓝图编程 .....	306
<b>第二节 槽类零件的加工 .....</b>	<b>308</b>
一、用 G01 加工槽类零件 .....	308
二、一般切槽循环指令 (CYCLE93) .....	309
三、E 型和 F 型退刀槽切削循环指令 (CYCLE94) .....	311
四、螺纹退刀槽指令 (CYCLE96) .....	311
<b>第三节 螺纹的加工 .....</b>	<b>313</b>
一、等距螺纹切削指令 G33 .....	313
二、变距螺纹切削指令 .....	315
三、攻螺纹 (G331/G332) .....	316

四、螺纹切削循环 (CYCLE97)	316
五、螺纹的相邻排列 (CYCLE98)	318
第十二章 特殊零件的车削	322
第一节 非圆曲线类零件的车削	322
一、R 参数的有关知识	322
二、程序跳转语句及其应用	323
三、通用程序的编制	325
第二节 其他特殊零件的加工	328
一、坐标变换编程	328
二、坐标平移指令	328
三、可编程的比例系数 (SCALE、ASCALE)	328
第十三章 在车削中心上对复合件的加工	331
第一节 多面体的加工	331
一、第 2 主轴	331
二、第 3 轴和第 4 轴	331
三、铣削功能	332
四、柱面铣削加工 TRACYL	335
第二节 轴线与 Z 轴不重合孔的加工	336
一、引入与切出尺寸的确定	336
二、SPOS 主轴准停	336
三、孔加工循环	337
<b>第四篇 CAM 部分</b>	<b>347</b>
第十四章 Master CAM 加工部分	347
第一节 固定循环加工	347
一、粗加工	347
二、精加工	349
三、切槽加工	349
四、螺纹加工	350
第二节 综合实例	352
一、分析图样制定加工工艺	352
二、左端面加工	353
三、右端加工效果图	355
<b>第五篇 数控机床的故障维修</b>	<b>357</b>
第十五章 数控车床的机械结构与常见故障的排除	357
第一节 概述	357
一、数控机床的故障	357
二、数控机床故障产生的规律	357
三、数控机床故障的分类	357
四、数控机床故障的诊断	359
五、数控机床的修理	360
六、数控机床维修常用的工具	361
七、数控机床维修常用的仪表	361
八、数控机床维修常用的仪器	362
第二节 数控车床的机械故障诊断和排除	363

一、数控机床的主传动系统 .....	363
二、滚珠丝杠螺母副 .....	367
三、数控机床用导轨 .....	368
四、自动换刀装置 .....	370
五、辅助装置 .....	374
第十六章 数控车床的液压与气压常见故障的排除 .....	377
第一节 数控车床液压与冷却系统的故障诊断和排除 .....	377
一、MJ-50 数控车床液压系统 .....	377
二、CK3225 数控车床液压系统 .....	378
第二节 数控车床气压系统的分析 .....	380
第十七章 数控车床的电气系统常见故障的排除 .....	381
第一节 数控车床强电系统的故障诊断和排除 .....	381
一、主回路分析 .....	381
二、电源电路分析 .....	381
三、控制电路分析 .....	382
四、数控机床的抗干扰措施 .....	383
第二节 可编程控制器在数控车床上的应用 .....	385
一、PMC 在数控机床上的应用 .....	385
二、PMC 接口地址的分配 .....	391
第三节 典型数控系统故障维修 .....	395
一、SIEMENS 数控系统的硬件 .....	396
二、SIEMENS 数控系统的故障诊断与维修 .....	400
题库 .....	404
理论试题 .....	404
一、判断题 .....	404
二、选择题 .....	409
技能试题 .....	423
第一部分 中级工技能试题 .....	423
一、轴类零件的加工（一） .....	423
二、轴类零件的加工（二） .....	424
第二部分 高级工技能试题 .....	424
一、非圆曲线加工 .....	424
二、配合件的加工 .....	426
第三部分 技师技能试题 .....	427
一、配合件的加工（一） .....	427
二、配合件的加工（二） .....	427
三、车床软件应用测试试题 .....	428
理论试题答案 .....	430
一、判断题 .....	430
二、选择题 .....	431
附录一 .....	433
数控车削加工常用词汇英汉对照表 .....	433
附录二 .....	441
数控车工技师论文写作与答辩要点 .....	441
一、论文写作 .....	441
二、论文的答辩 .....	442
参考文献 .....	443

## 第一节 认识数控机床

中级工内容

## 一、基本概念

数字控制 (Numerical Control) 简称数控 (NC), 是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量、装配等) 进行可编程控制的自动化方法。

数控技术 (Numerical Control Technology) 是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术, 它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

数控系统 (Numerical Control System) 是指采用数字控制技术的控制系统。

计算机数控系统 (Computer Numerical Control) 是以计算机为核心的数控系统。

数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。国际信息处理联盟 (IFIP) 第五技术委员会对数控机床定义如下: 数控机床是一个装有程序控制系统的机床, 该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中所说的程序控制系统即数控系统。

## 二、数控加工与传统加工的比较

数控加工与传统加工的比较如图 1-1-1 所示。

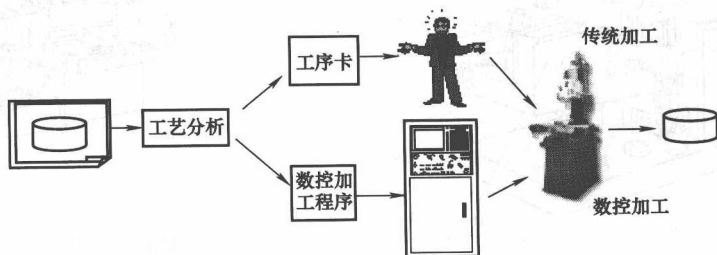


图 1-1-1 传统加工与数控加工的比较

在普通机床上加工零件, 一般先要对零件图样进行工艺分析, 制定出零件加工工艺规程 (工序卡)。在工艺规程中规定加工工序、使用的机床、刀具、夹具等内容, 机床操作者则根据工序卡的要求, 在加工过程中操作机床, 自行选定切削用量、进给路线和工序内的工步安排等, 不断地改变刀具与工件的相对运动轨迹

和运动参数（位置、速度等），使刀具对工件进行切削加工，从而得到所需要的合格零件。

在 CNC 机床上，传统加工过程中的人工操作均被数控系统所取代。其工作过程如下：首先要将被加工零件图样上的几何信息和工艺信息数字化，即编成零件程序，再将加工程序单中的内容记录在存储卡等控制介质上，然后将该程序送入数控系统。数控系统则按照程序的要求，进行相应的运算、处理，然后发出控制命令，使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调运动，实现刀具与工件的相对运动，自动完成零件的加工。

### 三、数控机床的产生

1949 年美国空军后勤司令部为了在短时间内造出经常变更设计的火箭零件与帕森斯（John C. Parson）公司合作，并选择麻省理工学院伺服机构研究所为协作单位，于 1952 年研制成功了世界上第一台数控机床。1958 年，美国的克耐·杜列克公司（Keaney & Trecker corp-K&T 公司）在一台数控镗铣床上增加了自动换刀装置，第一台加工中心问世了，现代意义上的加工中心是 1959 年由该公司开发出来的。我国是从 1958 年开始研制数控机床的。

### 四、数控机床的特点

- 1) 适应性强。
- 2) 适合加工复杂型面的零件。
- 3) 加工精度高、加工质量稳定。
- 4) 自动化程度高。
- 5) 加工生产率高。
- 6) 一机多用。
- 7) 减轻操作者的劳动强度。
- 8) 有利于生产管理的现代化。
- 9) 价格较贵。
- 10) 调试和维修较复杂，需专门的技术人员。

### 五、数控机床的分类

目前数控机床的品种很多，通常按下面几种方法进行分类。

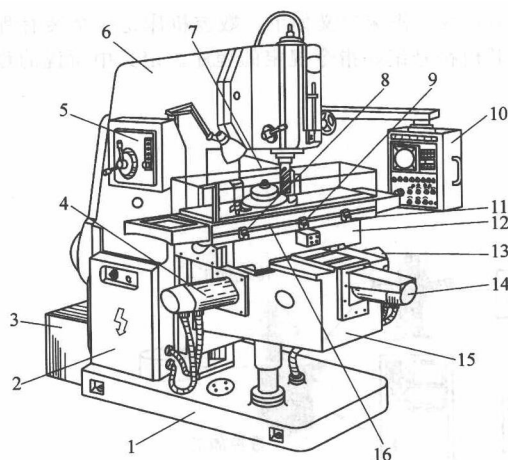


图 1-1-2 XK5040A 型数控铣床

- 1—底座；2—强电柜；3—变压器箱；4—升降进给伺服电动机；5—主轴变速手柄和按钮板；6—床身立柱；7—数控柜；8,11—纵向行程限位保护开关；9—纵向参考点设定挡铁；10—操纵台；12—横向溜板；13—纵向进给伺服电动机；14—横向进给伺服电动机；15—升降台；16—纵向工作台

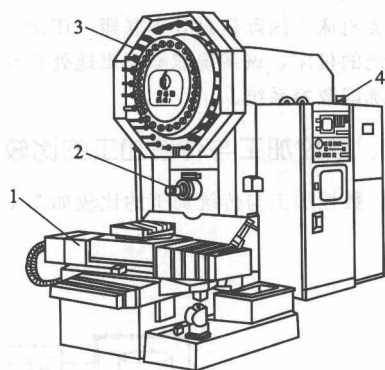


图 1-1-3 XH754 型卧式加工中心

- 1—工作台；2—主轴；3—刀库；4—数控柜

## 1. 按工艺用途分类

### (1) 一般数控机床

最普通的数控机床有钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床。它们和传统的通用机床工艺用途相似，但是它们的生产率和自动化程度比传统机床高，适合加工单件、小批量和复杂形状的工件。图 1-1-2 所示是 XK5040A 型数控铣床。

### (2) 数控加工中心

这类数控机床是在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置，构成一种带自动换刀装置的数控机床。图 1-1-3 是 XH754 型卧式加工中心。这类数控机床的出现打破了一台机床只能进行单工种加工的传统概念，实行一次安装定位，完成多工序加工方式。例如 TH5632 型立式加工中心，它的刀库容量是 16 把刀具，在刀具和主轴之间有一换刀机械手，工件一次装夹后，可自动连续进行铣、钻、镗、铰、扩、攻螺纹等多种工序加工。数控加工中心因一次安装定位完成多工序加工，避免了因工件多次安装造成的误差，减少机床台数，提高了生产效率和加工自动化程度。

## 2. 按可控制联动的坐标轴分类

所谓数控机床可控制联动的坐标轴，是指数控装置控制几个伺服电动机，同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

### (1) 两坐标联动

数控机床能同时控制两个坐标轴联动，即数控装置同时控制  $X$  和  $Z$  方向运动，可用于加工各种曲线轮廓的回转体类零件。或机床本身有  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个方向的运动，数控装置中只能同时控制两个坐标，实现两个坐标轴联动，但在加工中能实现坐标平面的变换，用于加工图 1-1-4 (a) 所示的零件沟槽。

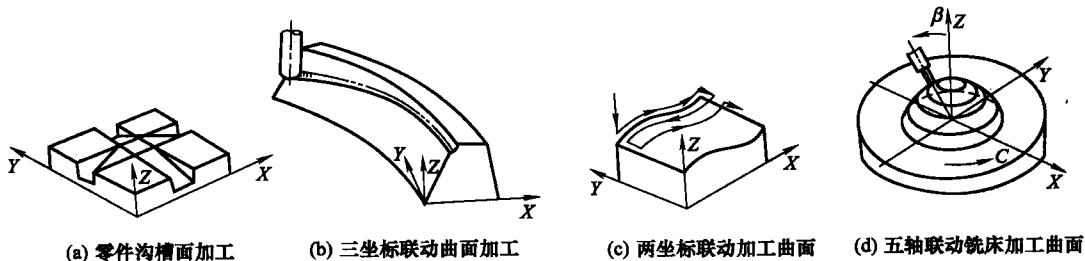


图 1-1-4 空间平面和曲面的数控加工

### (2) 三坐标联动

数控机床能同时控制三个坐标轴联动，此时，铣床称为三坐标数控铣床，可用于加工曲面零件，如图 1-1-4 (b) 所示。

### (3) 两轴半坐标联动

数控机床本身有三个坐标能作三个方向的运动，但控制装置只能同时控制两个坐标，而第三个坐标只能作等距周期移动，可加工空间曲面，如图 1-1-4 (c) 所示零件。数控装置在  $ZX$  坐标平面内控制  $X$ 、 $Z$  两坐标联动，加工垂直面内的轮廓表面，控制  $Y$  坐标作定期等距移动，即可加工出零件的空间曲面。

### (4) 多坐标联动

数控机床能同时控制四个以上坐标轴联动，多坐标数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制复杂，主要应用于加工形状复杂的零件。五轴联动铣床加工曲面形状零件，如图 1-1-4 (d) 所示，六轴加工中心示意图，如图 1-1-5 所示。

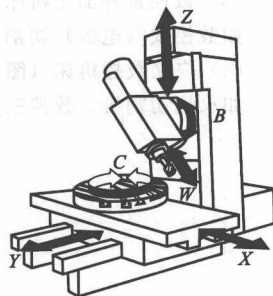


图 1-1-5 六轴加工中心

## 3. 按加工方式分类

### (1) 金属切削类数控机床

如数控车床、加工中心、数控钻床、数控磨床、数控镗床等。

### (2) 金属成形类数控机床 (图 1-1-6)

如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

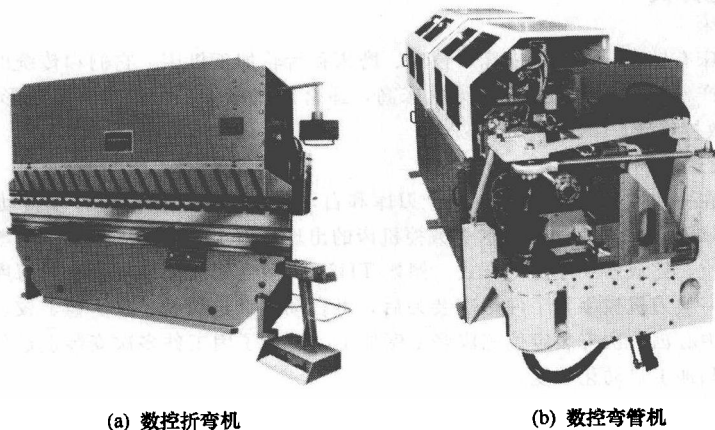


图 1-1-6 数控成形机床

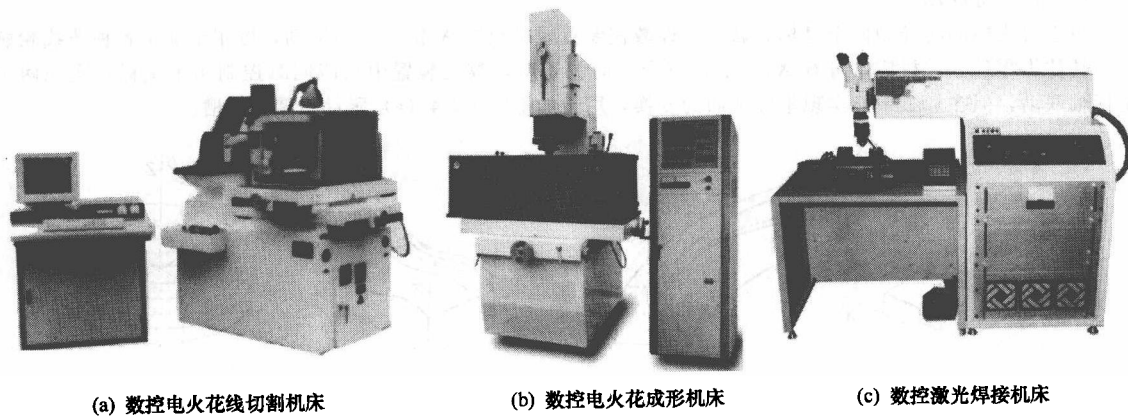


图 1-1-7 特种加工类数控机床

(3) 数控特种加工机床 (图 1-1-7)

如数控线 (电极) 切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机等。

(4) 广义数控机床 (图 1-1-8)

如火焰切割机、数控三坐标测量机、工业机器人等。

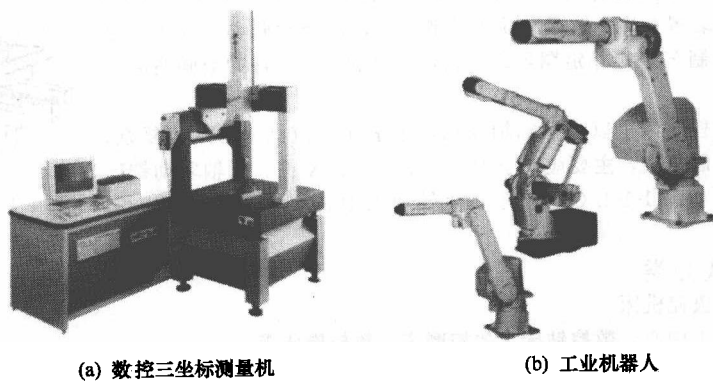


图 1-1-8 广义数控机床

## 六、数控机床的发展

- (1) 小型化以满足机电一体化的要求
- (2) 改善人机接口,方便用户使用
- (3) 提高数控系统产品的成套性
- (4) 研究开发智能型数控系统

### 思考与练习

1. 通过工厂参观认识各种数控机床
2. 解释以下名词
  - (1) 数字控制
  - (2) 数控系统
  - (3) 数控机床
3. 简述数控机床的特点。
4. 简述数控机床的分类。

## 第二节 数控机床的组成与工作原理

### 一、数控机床的组成

数控机床一般由计算机数控系统和机床本体两部分组成,其中计算机数控系统是由输入/输出设备、计算机数控装置(CNC装置)、可编程控制器、主轴驱动系统和进给伺服驱动系统等组成的一个整体系统,如图1-2-1所示。

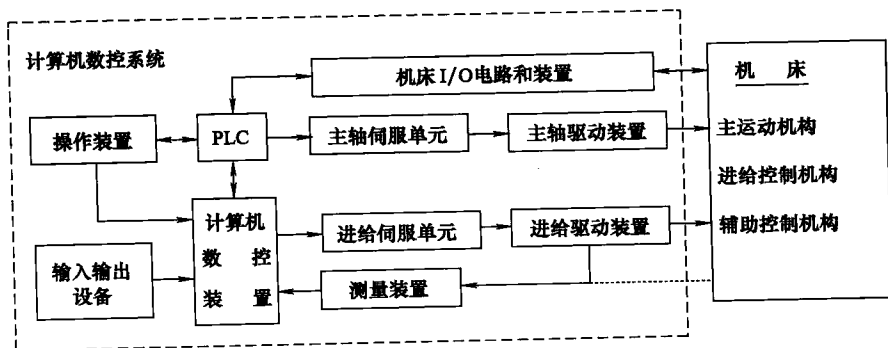


图 1-2-1 数控机床的组成

#### 1. 输入/输出装置

数控机床在进行加工前,必须接收由操作人员输入的零件加工程序(以文本格式文件存放的与加工零件有关的工艺参数和动作信息,下文简称零件程序),然后才能根据输入的零件程序进行加工控制,从而加工出所需的零件。此外,数控机床中常用的零件程序有时也需要在系统外备份或保存。

因此数控机床中必须具备必要的交互装置,即输入/输出装置来完成零件程序的输入/输出过程。

零件程序一般存放于便于与数控装置交互的一种控制介质上,早期的数控机床常用穿孔纸带、磁带等控制介质,现代数控机床常用磁盘、移动硬盘、Flash(U盘)及其他半导体存储器等控制介质。此外,现代数控机床可以不用控制介质,直接由操作人员通过手动数据输入(Manual Data Input,简称MDI)键盘输入零件程序;或采用通信方式进行零件程序的输入/输出。目前数控机床常采用的通信方式有:串行通信(RS232、RS422、RS485等);自动控制专用接口和规范,如DNC(Direct Numerical Control)方式,MAP(Manufacturing Automation Protocol)协议等;网络通信(Internet, Intranet, LAN等)。图1-2-2所示为目



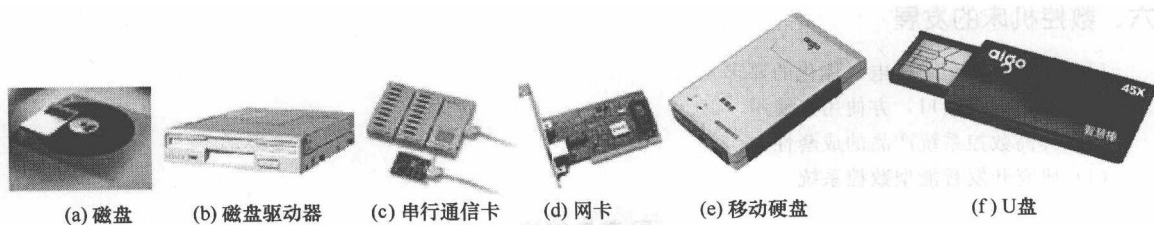


图 1-2-2 常用控制介质及输入输出装置

前常用的部分控制介质及输入输出装置。

## 2. 操作装置

操作装置是操作人员与数控机床(系统)进行交互的工具,一方面,操作人员可以通过它对数控机床(系统)进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改,另一方面,操作人员也可以通过它了解或查询数控机床(系统)的运行状态,它是数控机床特有的一个输入输出部件。操作装置主要由显示装置、NC 键盘(功能类似于计算机键盘的按键阵列)、机床控制面板(Machine Control Panel,简称 MCP)、状态灯、手持单元等部分组成,如图 1-2-3 所示为 FANUC 系统的操作装置,其他数控系统的操作装置布局与之相比大同小异。

### (1) 显示装置

数控系统通过显示装置为操作人员提供必要的信息,根据系统所处的状态和操作命令的不同,显示的信息可以是正在编辑的程序、正在运行的程序、机床的加工状态、机床坐标轴的指令/实际坐标值、加工轨迹的图形仿真、故障报警信号等。

较简单的显示装置只有若干个数码管,只能显示字符,显示的信息也很有限;较高级的系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器,一般能显示图形,显示的信息较丰富。

### (2) NC 键盘

NC 键盘包括 MDI 键盘及软键功能键等。

MDI 键盘一般具有标准化的字母、数字和符号(有的通过上档键实现),主要用于零件程序的编辑、参数输入、MDI 操作及系统管理等。

功能键一般用于系统的菜单操作(如图 1-2-3 所示)。

### (3) 机床控制面板 MCP

机床控制面板集中了系统的所有按钮(故可称为按钮站),这些按钮用于直接控制机床的动作或加工过程,如启动、暂停零件程序的运行,手动进给坐标轴,调整进给速度等(如图 1-2-3 所示)。

### (4) 手持单元

手持单元不是操作装置的必需件,有些数控系统为方便用户配有手持单元用于手摇方式增量进给坐标轴。

手持单元一般由手摇脉冲发生器 MPG、坐标轴选择开关等组成,如图 1-2-4 所示为手持单元的一种形式。

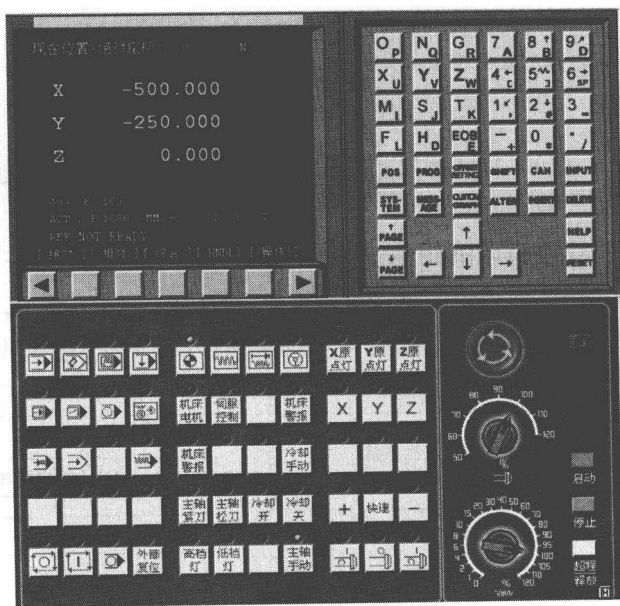


图 1-2-3 FANUC 系统操作装置